

[自控·检测]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2014.05.017

塑壳断路器智能测试系统

廖志闯,程武山

(上海工程技术大学机械工程学院,上海 201620)

摘要:针对传统低压电器测试时存在的随机性大、质量难以控制等缺点,提出了基于分布式控制的塑壳断路器智能测试系统。设计了系统的硬件结构,重点介绍了机械系统、电气系统和 PLC 控制系统;运用柔性调整技术,设计了螺钉螺母调整机构以及大电流闭环系统;采用 PLC 模块化编程思想,设计了智能测试系统的软件结构。运行结果表明,系统不仅有效地解决了传统断路器测试效率低、能耗大等问题,还降低了断路器测试成本,提高了企业经济效益。

关键词:塑壳断路器;智能测试;分布式控制;PLC

中图分类号:TP272

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2014)05-0072-04

Intelligent Test System of Molded Case Circuit Breakers

LIAO Zhichuang, CHENG Wushan

(College of Mechanical Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

Abstract: Aiming at the randomness and difficult to control quality in traditional low-voltage electrical testing. The hardware structure of this intelligent test system of molded case circuit breaker (MCCB) based on distributed control was proposed and mechanical systems, electrical system and PLC control system were focused; a screw-nut adjusting mechanism was designed by using flexible adjustment technology; a high current closed-loop system was designed; the software structure of this test system with modular programming ideas in PLC was designed. Running results show that the problems of low efficiency and big energy consumption are solved, in addition, the testing cost of MCCB also down and the economic efficiency of companies is improved.

Key words: molded case circuit breaker (MCCB); intelligent test; distributed control; PLC control system

塑壳断路器是低压电器中的一种,在低压线路发生过载、短路等故障时,及时切断电路达到保护现场设备的目的,其质量直接影响到低压电力系统及控制系统的可靠运行。随着我国电力行业对塑壳断路器的需求量与日俱增,对其质量的要求也正逐步上升^[1]。根据国家标准 GB1408.2-2001 规定,断路器在出厂前都必须经过严格的测试、校验和标定。

近年来,低压断路器测试系统正朝着自动化、智能化、节能化蓬勃发展,我国低压电器事业面临着巨大的机遇与挑战^[2]。目前,国外各大低压断路器公司(如 ABB 公司的 Emax 系列;Schneider 公司的 Compact NT 等)虽然在开发低压断路器新产品方面采用在线测试技术,但很难实现对内部脱扣器上的螺钉螺帽进行同

步调整^[3];国内(如上海市人民电器厂、上海电气科学研究所)对低压电器的测试普遍采用人工静态调整脱扣器螺钉和螺帽的位置,其测试精度不但比国外低 30% 左右,而且测试时间也比国外的延长 1 倍以上^[4]。

1 塑壳断路器过载保护原理

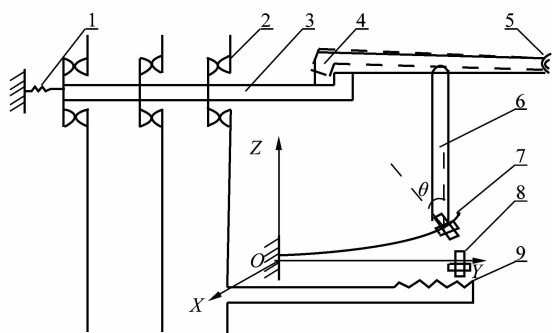
塑壳断路器是通过内部热双金属片受热变形推动脱扣机构,从而切断电路进行过载保护的装置,其脱扣原理如图 1 所示。

当断路器合闸工作时,工作电流会经过双金属片,使双金属片受热变形。一般来说,通过的电流越大,双金属片受热变形也就越快。当电路发生短路等故障时,双金属片 8 受热迅速变形,带动上面的螺钉螺母,通过杠杆 6 顶起脱扣机构 4,从而顺利切断电路,保护

收稿日期:2014-04-23;修回日期:2014-06-27

基金项目:上海市科委重点攻关资助项目(071105121);上海市教委 085 知识创新工程资助项目(JZ0906)

作者简介:廖志闯(1990),男,江西丰城人,硕士研究生,主要研究方向为智能控制技术。E-mail:liao-zc@foxmail.com



1—脱扣弹簧;2—主触点;3—锁键;4—脱扣机构;5—轴承;6—杠杆;
7—受热后的双金属片;8—受热前的双金属片;9—通电线圈

图1 脱扣器工作原理图

Figure 1 Fundamental diagram for thermal trip

现场设备。从图中可以看出,双金属片上螺钉的伸出距离对脱扣时间的长短有着决定性的作用,因此,通过控制双金属片与脱扣器之间的间隙(即双金属片8上螺钉的伸出距离)就可以有效地控制新断路器的脱扣时间^[5]。

根据国家标准 GB14048.5,在基准温度下,规定的电流动作值为1.05倍的额定电流。即在约定不脱扣电流时,断路器各相极从冷态开始同时通电,在此时间内($I_n \leq 63$ A时,为1 h; $I_n > 63$ A时,为2 h)不应发生脱扣;该段时间结束后,即使使电流上升至额定电流的1.3倍,断路器应在约定时间内脱扣^[6]。若在约定的时间内,产品性能不达标,则需要通过测试装置调节双金属片上螺钉的伸出长度,使其符合国家标准。

2 智能测试系统硬件设计

塑壳断路器智能测试系统是集计算机技术、智能控制技术、检测技术为一体的控制系统。系统采用如图2所示的分布式控制结构,由上位机专家系统、下位机控制系统和若干现场执行系统组成。

上位机专家系统基于工业计算机,利用 WinCC 编程环境,通过 OPC 通用接口与 PLC 控制单元进行数据通信,建立人机交互界面,完成整个系统的数据采集、程序处理、指令输出等操作,实现对现场控制层的设备调节和连锁控制。下位机控制系统作为系统的现场控制层,主要由强电和弱电两部分组成,强电部分负责为系统提供测试大电流,弱电部分是以西门子 S7-200 系统的 PLC 为核心,负责实现各现场执行系统的小闭环控制。现场执行系统主要由压紧通电机构、自动合扣机构、视觉定位机构、轴向移动机构、螺钉螺母调整机构和冷却机构等组成,完成对被测试的塑壳断路器的压紧、合扣、视觉定位、通电测试、调整、冷却等一系列工作。

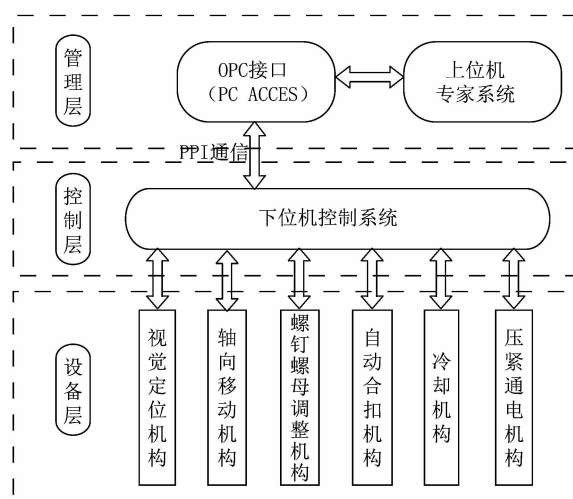


图2 智能测试系统结构图

Figure 2 Structure for intelligent test system of MCCB

2.1 机械系统

机械系统由自动合扣机构、轴向移动机构、螺钉螺母调整机构等辅助机构组成。自动合扣机构由执行元件和位置传感器组成,它能根据断路器的位置、尺寸大小等,利用伺服技术,实现装夹位置的自适应调整。轴向移动机构由 X、Y 轴上安装的电机、导轨、磁栅传感器等组成,在断路器测试过程中,负责断路器换相测试移动和定位移动。螺钉螺母调整机构是机械系统的核心部分,如图3所示,它是由升降调节电机、角度调节电机,旋转电机、扭矩传感器、齿轮、离合器、刀头、柔性节等元件组成^[7]。

从图1可以看出,在双金属片受热变形前后,螺钉螺母在 Y、Z 方向上的位置、螺钉螺母的中心线与 Z 轴的夹角 θ 均发生了变化。因此,螺钉螺母自动测试调整机构就至少需要以下几个功能:角度倾斜功能、快速上升功能、螺钉旋进功能、螺母旋紧功能。

调整机构工作过程如下:角度调节电机通过拉紧放松连接体来调整固定支架的倾斜角度,从而调整螺钉刀头的工作角度;升降调节电机带动齿轮旋转,通过丝杠使移动支架上下调整,从而调整螺钉刀头的工作高度;旋转电机通过锥齿轮可以带动螺钉内外套筒旋转,离合器通过吸合控制螺钉内外套筒一起旋转,从而使螺钉刀头可以带动目标螺钉螺母自由旋转拧紧。

2.2 电气系统

由于断路器的常规测试时间都比较大,在满足国家标准的情况下,可以采用等效测试,即在规定的时间内对塑壳断路器加载3倍额定电流,使双金属片能够快速脱扣,这可以将测试时间从2 h降低到90 s以内,

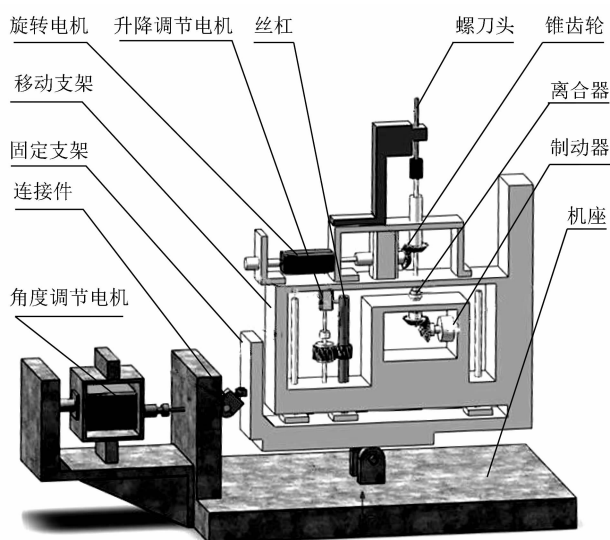


图3 螺钉螺母调整机构

Figure 3 Screw-nut adjusting mechanism

缩短螺钉螺母测试调整时间^[8]。因此,高精度的测试电流对断路器的测试至关重要。由于恒流源价格一般都很昂贵,加之系统对测试电压没有太高的要求,因此,该系统采用自制的降压升流闭环电流控制系统来替代传统的恒流源。电流闭环控制系统电气原理如图4所示。

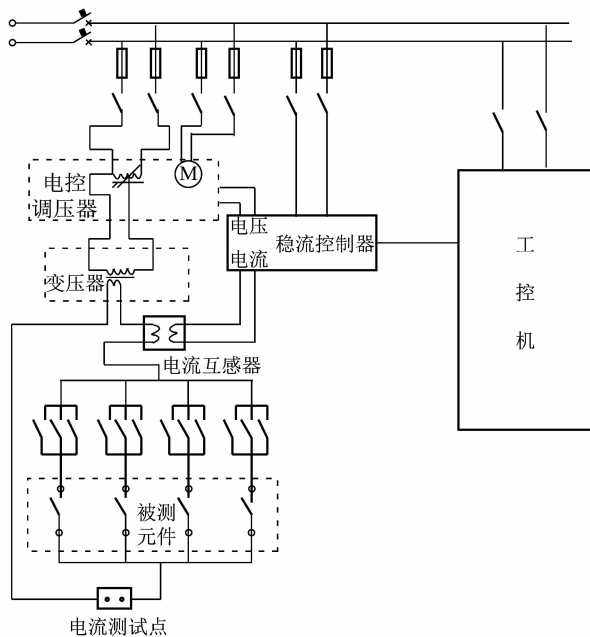


图4 大电流闭环控制系统

Figure 4 High current closed-loop system

在该电流闭环控制系统中,稳流控制器是核心。该系统采用 WL-2 型稳流控制器,它不仅控制精度高,

还便于工控机通过 PLC 直接进行控制。整个电流控制过程如下:首先,通过上位机人机界面设置的测试电流值通过 PLC 来控制稳流控制器;然后,稳流控制器控制电控调压器的电机对电路进行调压,输出的电压信号再通过变压器得到低电压强电流信号;最后,将串接在回路铜排上的电流互感器采集到的电流信号反馈给稳流控制器,与所预置的电流信号进行对比,形成闭环控制,从而达到稳流的目的^[9]。

2.3 PLC 控制系统

在该智能测试系统中,需要 4 台步进电机来控制调整机构,即需要 4 路高速脉冲输出,而每个 S7-200 系列的 PLC CPU 最多只有 2 路高速脉冲输出:Q0.0 和 Q0.1,因此,测试系统需要 2 个 PLC CPU 来进行控制。2 个 PLC 之间采用 PPI 通信协议,第 1 台 PLC 的 CPU 作为 2 号主站,主要负责调整机构在 XY 平面的定位移动和换相测试移动;另外一台 PLC 的 CPU 作为 3 号从站,主要控制螺刀头的升降和螺钉螺母的调整。调整机构的移动和螺刀头的升降、旋转都是通过 PLC 控制步进电机来实现。

假设步进电机的整步步进角为 1.8° ,步进电流为 3 A,若不进行细分,PLC 每发出一个步进脉冲,电机绕组内的电流将从 0 A 突变为 3 A 或从 3 A 突变到 0 A,步进电机将转动 1.8° ,显然,这不利于系统的精确控制。若采用细分控制,则可以有效地减小步进角。步进电机的细分控制是由细分驱动器精确控制相电流来实现的,若细分驱动器在 10 细分的状态下驱动,则每发一个脉冲,电机其绕组内的电流变化只有 0.3 A,步进电机每步也只转动 0.18° 。这样,步进电机就能精确地控制步距角^[10]。

为了保证螺钉螺母的调节精度,机构采用型号为 SANYO 103H89222-5241 的日本三洋两相混合式步进电机和型号为 Q2HB68MG 的白山两相细分型驱动器。驱动器与步进电机的连接如图 5 所示。

在该测试调整系统中,经过反复的调试,当采用 20 细分驱动控制步进电机时,机构运行状态最平稳。此外,系统采用磁栅传感器作为位置反馈信号,采用扭矩传感器作为螺钉螺母的拧紧反馈信号,和步进电机一起形成小闭环系统,使控制精度更高。至于系统中的气缸、离合器、磁感应开关、限位开关等则是通过 PLC 的 I/O 模块来实现的。

3 智能测试系统软件设计

由于动作元件较多,运动过程较复杂,该系统软件部分采用 PLC 模块化编程,将测试调整过程中的一些

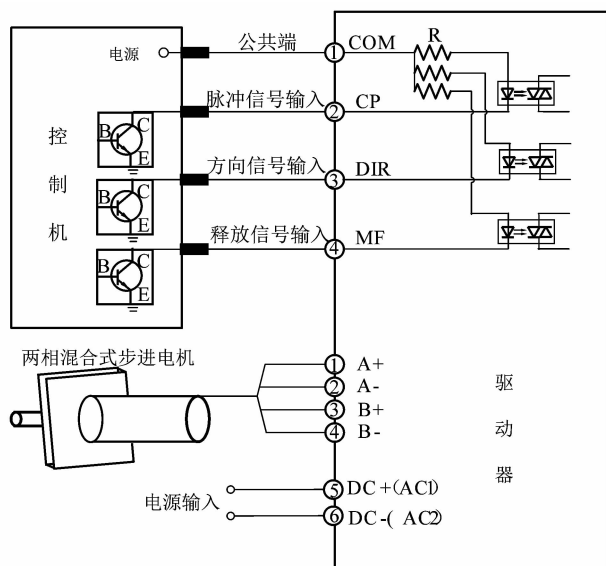


图5 步进电机驱动连接图

Figure 5 Connection diagram for stepper motor and micro-stepping driver

动作划分为几个子功能模块。在主程序流程动作时直接调用这些子功能模块就可以完成既定功能^[11]。子功能模块主要包括:系统上电自检、参数初始化、断路器定位压紧、断路器合扣、视觉定位、通电测试、X轴移相、螺钉螺母调整、故障报警处理等。系统 PLC 主程序流程图如图 6 所示。

4 结语

塑壳断路器智能测试系统是一个小型的分布式控制系统,采用研华工控机,利用组态软件 WinCC 完成了人机界面设计,并与 PLC 系统密切配合,成功实现了自动控制与随机控制相结合的智能控制。目前,该系统已经在企业中得到了良好地运行,不仅实现了塑壳断路器等低压电器中螺钉螺母的在线一体化调整,还降低了系统测试成本和测试时间,取得了不错的经济效益,具有良好的市场推广前景,对弥补国内这一行业的技术空白具有重要的指导意义。

参考文献:

- [1] 周鹤良,陈德桂,陆俭国,等. 国内低压断路器及关键配件市场规模分析[J]. 电气技术,2011(10):1-2.
- [2] 顾翔,尹天文,蒋顾平,等. 小型化塑壳断路器的技术发展动向[J]. 低压电器,2013(9):1-3.
- [3] 中国工控网. 中国低压断路器市场分析[J]. 国内外机电一体化技术,2009,12(2):59.
- [4] 程武山. 低压电器智能测试技术研究[J]. 低压电器,2010(21):41-45.

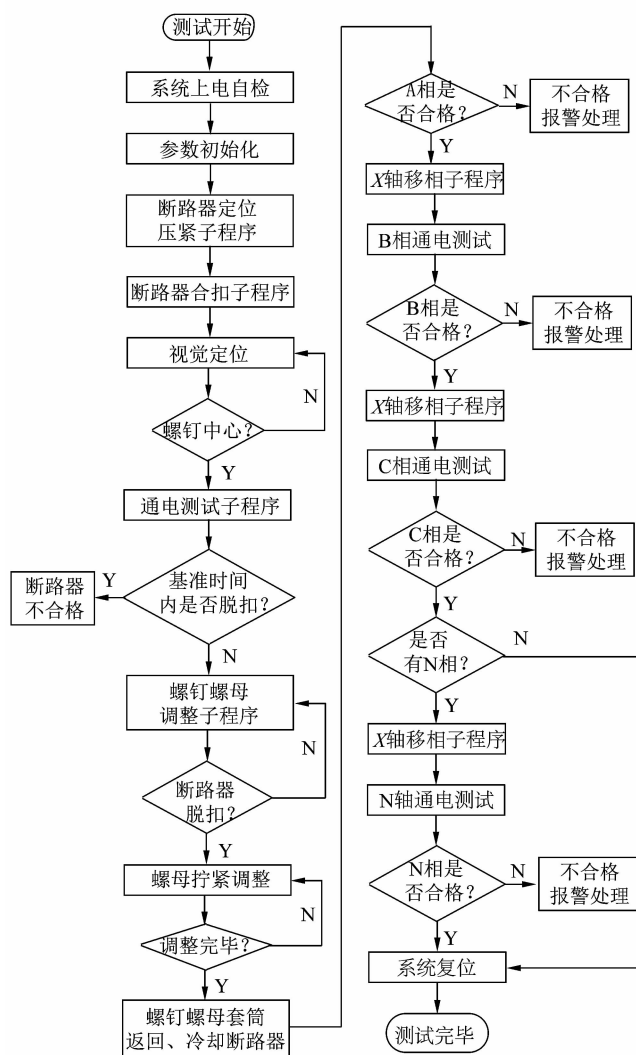


图6 测试系统主程序流程图

Figure 6 Flow chart of main program for test system

- [5] 程武山,许勇. 低压断路器智能测试调整系统的基本原理[J]. 机械设计与研究,2010(2):114-117.
- [6] 中国电器工业协会. GB14048.5-2008 低压开关设备和控制设备第5-1部分:控制电路电器和开关元件[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [7] 张锋. 对螺母无轴向压力的高精度自动螺丝刀的设计[J]. 机械工程师,2005(2):59-61.
- [8] 朱希余,金霄兵. 塑壳断路器特性与自动检测[J]. 电工技术杂志,2002(9):64-66.
- [9] 司海立,程武山,孙鑫,等. 塑料外壳式断路器智能测试系统[J]. 低压电器,2008(19):55-58.
- [10] 李国厚. 步进电机驱动与控制系统的设计[J]. 煤矿机械,2008(2):114-116.
- [11] 董林,程武山,司海立,等. 低压断路器智能测控系统的设计与实现[J]. 微计算机信息,2009(28):53-55.